

# **SISTEM MONITOR PERFORMANCE PANEL SURYA SECARA REAL TIME BERBASIS IOT**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi  
Strata I pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**AHMAD FIKRI HAYKAL**

**D400160088**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SISTEM MONITOR PERFORMANCE PANEL SURYA SECARA REAL  
TIME BERBASIS IOT**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**AHMAD EIKRI HAYKAL**

**D400160088**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Hasyim Asy'ari', written over a horizontal line.

**Hasyim Asy'ari, S.T., M.T**

**NIK. 981**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SISTEM MONITOR PERFORMANCE PANEL SURYA SECARA  
REAL TIME BERBASIS IOT**




**OLEH**

**AHMAD FIKRI HAYKAL**

**D400160088**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Senin, 16 Agustus 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| 1. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.<br>(Ketua Dewan Penguji)     | ( |    | ) |
| 2. Tindyo Prasetyo, S.T., M.T<br>(Anggota I Dewan Penguji) | ( |   | ) |
| 3. Umar, S.T., M.T<br>(Anggota II Dewan Penguji)           | ( |  | ) |

**Dekan,**



**Rois Ratoni, S.T., M.Sc., Ph.D**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Agustus 2021

Penulis



**AHMAD FIKRI HAYKAL**

**D400160088**

# **SISTEM MONITOR PERFORMANCE PANEL SURYA SECARA REAL TIME BERBASIS IOT**

## **Abstrak**

Dalam bidang energi, salah satu yang dapat dimanfaatkan dari intensitas cahaya matahari yang tinggi di Indonesia ini adalah dengan memaksimalkan alat pengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik yang disebut dengan panel surya. Daya yang dihasilkan oleh panel surya biasanya hanya diukur menggunakan multimeter secara manual. Selain pengukuran secara manual, untuk memonitoringnya pun dilakukan secara manual dengan melihat langsung ke tempat tidak bisa dilakukan dari jauh. Maka dari itu perlunya sistem monitoring daya yang dihasilkan oleh panel surya yang mampu mengukur dan memonitoring secara *realtime* dari jauh tidak perlu datang ke tempat. Untuk keperluan tersebut terdapat beberapa metode yang digunakan diantaranya perancangan sistem, perancangan elektronika, dan perancangan desain *hardware* baik *hardware* sistem maupun *hardware panel* dan baterai. Kemudian terdapat beberapa komponen yang digunakan untuk merancang sebuah sistem tersebut yaitu 1 buah *microcontroller* Wemos D1 Mini yang digunakan sebagai pengolah data dan modul *wifi*, 1 buah sensor PZEM017 yang digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dan aplikasi *blynk* pada *smartphone* yang digunakan sebagai *platform* untuk monitoring pengukuran tegangan, arus, dan daya secara *realtime*. Kemudian sistem tersebut di pasang setelah panel surya sebelum masuk ke scc (*Solar Charger Controller*) dalam sebuah box panel. Terdapat beberapa hasil yang didapat dari pengujian, diantaranya sistem ini dapat mengukur daya yang dihasilkan oleh panel secara *realtime*. Data yang telah diukur tersebut dapat dimonitoring melalui aplikasi *blynk* pada *smartphone*. Selain monitoring, sistem tersebut dapat mengirimkan data yang terukur ke e-mail yang terdaftar. Kemudian pada hasil terdapat *error* tegangan sebesar 0.76%, *error* arus sebesar 0.58%, dan *error* daya sebesar 1.26%.

**Kata kunci** : IoT, real time, sel surya, monitoring

## **Abstract**

One that can be utilized from the high intensity of sunlight in Indonesia is to maximize the conversion of sunlight into electrical energy called solar panels. The power generated by solar panels is usually only measured using a multimeter manually. In addition to manual measurements, monitoring is also done manually by looking directly at places that cannot be done remotely. Therefore, the need for a power monitoring system produced by solar panels that is able to measure and monitor in real time from afar does not need to come to the place. For this purpose, 1 Wemos D1 Mini microcontroller and 1 PZEM017 sensor are needed to be used in the system being developed. The system is paired after the solar panel before entering the SCC (Solar Charger Controller) in a panel box. There are several results obtained from testing, including this system can measure the power generated by the panel in real time. The measured data can be monitored via a smartphone and can be sent to the registered e-mail. Then there is a voltage error of 0.76%, a current error of 0.58%, and a power error of 1.26%.

**Keywords** : IoT, real time, solar cell, monitoring

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan masyarakat akan energi listrik terus mengalami kenaikan. Saat ini kebutuhan akan tenaga listrik masih sangat bergantung pada sumber energi fosil. Energi fosil yang digunakan berupa minyak bumi dan batu bara yang dimana diketahui bahwa jumlahnya terus menipis dan menghasilkan polusi yang cukup berbahaya bagi lingkungan. Hal ini menyebabkan sangat diperlukannya pengembangan energi terbarukan dalam pembangkitan tenaga listrik. Salah satu energi terbarukan yang dapat dikonversikan energinya menjadi energi listrik ialah energi matahari. (Hasibuan, 2021)

Matahari merupakan salah satu bintang yang mempunyai berbagai manfaat bagi kelangsungan seluruh makhluk hidup yang ada di bumi. Di Indonesia sendiri pemanfaatan matahari sebagai sumber energi belum termanfaatkan secara maksimal. Padahal letak Indonesia yang berada di garis khatulistiwa sangat berpotensi untuk mengeksplorasi cahaya matahari ini menjadi sumber energi. Intensitas energi radiasi matahari yang jatuh di Indonesia rata-rata sebesar 4,5 kWh/m<sup>2</sup> per-hari (Sudradjat, 2017).

Dalam bidang energi, salah satu yang dapat dimanfaatkan dari intensitas cahaya matahari yang tinggi di Indonesia ini adalah dengan memaksimalkan alat pengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik yang disebut dengan panel surya. Panel surya adalah perangkat yang secara langsung mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaiik dan sel surya pertama-tama ditemukan oleh Charles Fritts pada tahun 1883 menggunakan persimpangan yang dibentuk dengan melapisi selenium dengan emas tetapi efisiensinya hanya 1% (Thakur et al., 2016). Secara umum, sel surya dibagi menjadi 3 jenis, monokristalin, polikristalin dan tipis film di mana sel surya monokristalin memiliki efisiensi lebih tinggi daripada solar polikristalin dan film tipis sel (Ankita Gaur and G. N. Tiwari, 2013), (Ay Gegül Ta Gç Jo Llu, 2016). Kombinasi beberapa sel surya membentuk modul surya dan kombinasi beberapa solar modul membentuk panel surya. Pendinginan udara, pendinginan cairan dan perendaman adalah contoh metode untuk meningkatkan efisiensi sel surya (P G Nikhil, 2012), (Moharram et al., 2013), (Aldihani et al., 2014). Besar daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh beberapa kondisi lingkungan dimana sebuah panel surya ditempatkan seperti suhu, intensitas cahaya matahari, arah datangnya sinar matahari dan spektrum cahaya matahari. Kondisi lingkungan yang selalu berubah-ubah setiap waktu menyebabkan daya keluaran panel surya juga ikut berfluktuasi (Fachri et al., 2015).

Pengukuran secara langsung biasanya menggunakan multimeter. Seperti pada penelitian sebelumnya (Dewi & Antonov, 2013) telah dilakukan penelitian yaitu pengamatan pengambilan data dan pengukuran pada panel surya. Namun dalam penelitian ini masih terdapat kekurangan

yaitu baik pengukuran arus dan tegangannya masih menggunakan multimeter. Sehingga data yang diambil belum bisa tercatat secara terus menerus.

Monitoring energi merupakan suatu system yang berisi informasi tentang energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya (I. Dinata and W. Sunanda, 2015). Untuk memperoleh status penggunaan energi secara akurat dan efektif, monitoring energi merupakan hal yang saat ini banyak dikembangkan (Y. Sun and Z. Wang., 2011).

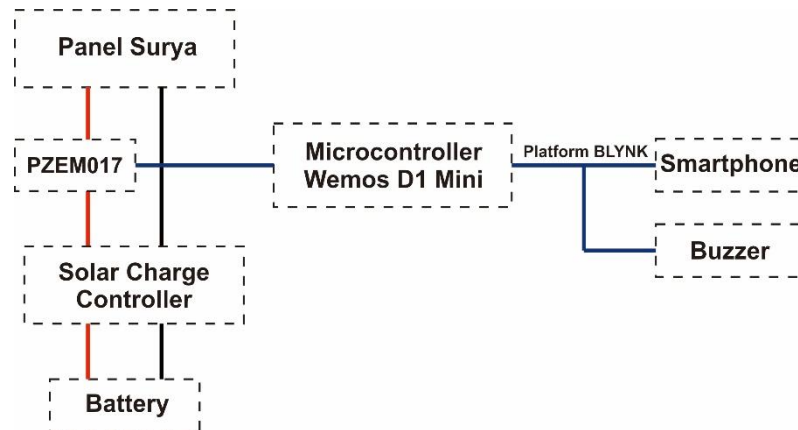
Pada penelitian sebelumnya, sistem monitoring output pencatatan data pada panel surya berbasis mikrokontroler Arduino dapat melakukan monitoring output dari panel surya menggunakan sensor arus dan sensor tegangan untuk mendapatkan nilai arus, tegangan, dan nilai daya output dari panel surya dengan data yang secara otomatis tersimpan pada SD Card (Winata et al., 2016). Metode pemantauan panel surya saat ini hanya mengumpulkan data parameter keluaran panel surya dalam bentuk text file dengan format tertentu. Data ini tidak dapat diambil langsung pada kondisi real time (Fuentes et al., 2014). Dari hasil sistem pemantauan kinerja panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus dan tegangan yang telah dikalibrasi, sistem akuisisi data yang diintegrasikan ke spreadsheet Excel menggunakan program aplikasi PLXDAQ dan kartu memori sebagai penyimpan data cadangan. Sistem berbasis mikrokontroler Arduino Atmega 328P dihubungkan ke komputer melalui port serial RS232 (Lez-Arjona et al., 2013).

Berdasarkan uraian tersebut maka diusulkan sebuah judul Sistem Monitor Performance Panel Surya Secara Real Time Berbasis IoT yang berguna untuk memonitoring daya output secara *real time* menggunakan IoT (*Internet of Things*) yang dihasilkan oleh panel surya. Terdapat beberapa komponen yang digunakan yaitu sebuah *microcontroller* wemos D1 mini yang digunakan sebagai pengolah data dan modul *wifi*, modul PZEM017 yang digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya, RS485 yang digunakan untuk port komunikasi serial antar PZEM017 dengan *microcontroller* wemos D1 mini, buzzer yang digunakan sebagai alarm, modul *Step Down* yang digunakan sebagai modul penurun tegangan menjadi 5V sebagai daya input *microcontroller*, 1 buah led merah dan 1 buah led hijau yang digunakan sebagai indikator.

Prinsip kerja sistem ini yaitu modul PZEM017 mengukur tegangan, arus, dan daya. Kemudian data tersebut dikirimkan ke *microcontroller* wemos D1 mini melalui RS485 untuk diolah dan data tersebut dikirimkan ke *smartphone* pada aplikasi blynk melalui jaringan internet. pada aplikasi blynk juga terdapat *data logger* yang digunakan untuk mengirimkan data ke e-mail yang terdaftar.

## 2. METODE

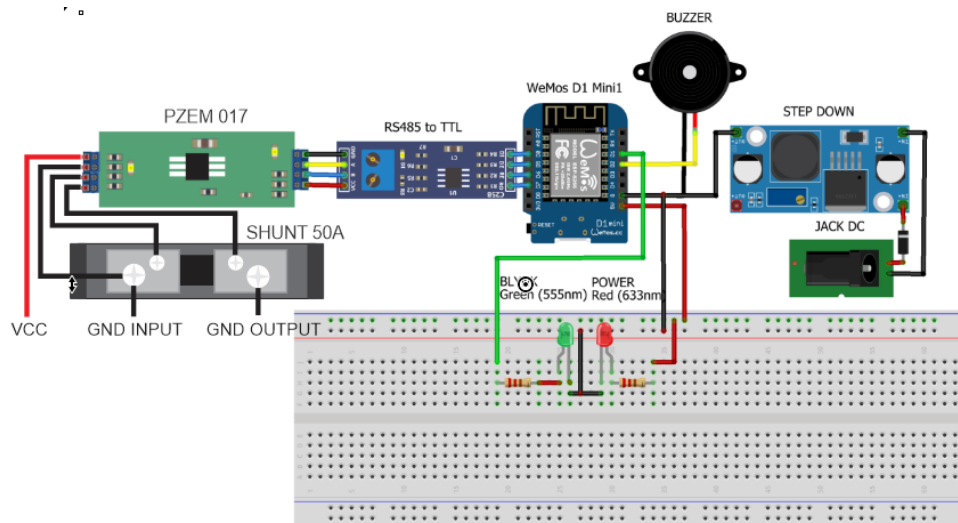
### 2.1. Perancangan Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Perencanaan sistem ditunjukkan pada Gambar 1, sensor PZEM017 digunakan untuk mengukur tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Sensor tersebut diletakkan setelah panel surya yang kemudian data pembacaan diolah di *microcontroller* Wemos D1 Mini dan diteruskan melalui jaringan internet ke aplikasi *blinky* pada *smartphone*. Sedangkan *buzzer* digunakan sebagai alarm peringatan.

### 2.2. Perancangan Elektronika



Gambar 2. Rangkaian Elektronika

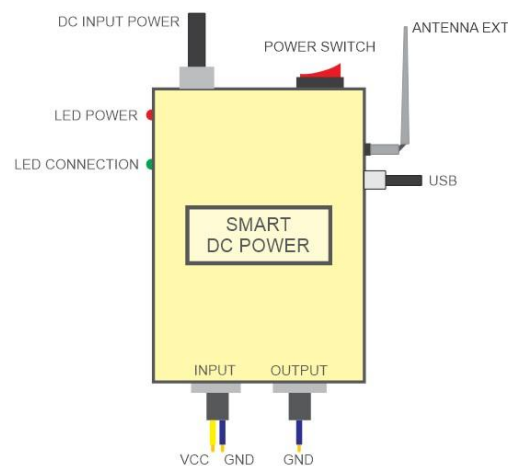
Perancangan Rangkaian Elektronika ditunjukkan pada Gambar 2. Pada rangkaian tersebut terdapat *microcontroller* wemos D1 mini sebagai pengolah data yang diterima dari PZEM017 sekaligus sebagai modul wifi untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor PZEM017 ke smartphone melalui jaringan internet. PZEM017 merupakan sensor yang digunakan untuk monitoring tegangan, arus, dan daya. Sensor tersebut dapat mengukur tegangan DC hingga 300VDC dan mengukur arus dengan bantuan Resistor Shunt 50A. Sensor tersebut tidak dapat langsung berkomunikasi dengan *microcontroller* wemos D1 mini. Maka dari itu memerlukan komponen



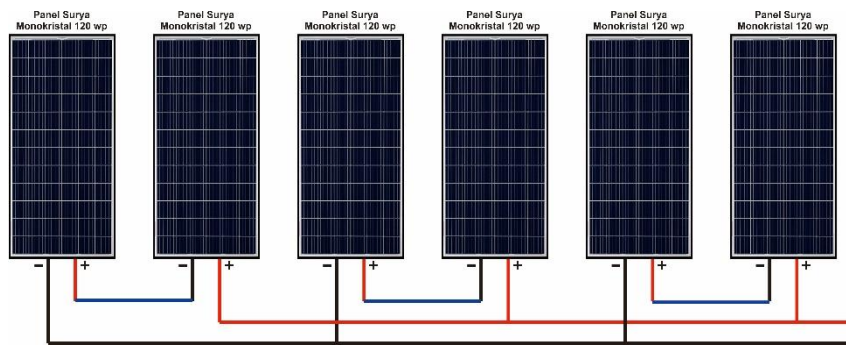
RS485 yang digunakan sebagai komunikasi serial antara sensor PZEM017 dengan *microcontroller* wemos D1 mini supaya data yang diperoleh dari sensor PZEM017 dapat diolah pada *microcontroller* wemos D1 mini. Terdapat 2 buah led dengan warna yang berbeda tentunya dengan kegunaan yang berbeda. Led warna merah digunakan sebagai indikator penyalakan sistem. Jika sistem dinyalakan maka led merah akan menyala. Begitupun sebaliknya. Kemudian led warna hijau digunakan untuk indikator modul wifi pada *microcontroller*. Ketika sistem dinyalakan dan modul wifi belum mendapatkan jaringan internet maka led akan berkedip secara cepat. Tetapi jika modul wifi telah terhubung dengan jaringan internet maka led akan berkedip lebih lambat. Kemudian terdapat buzzer sebagai alarm dan *step down* sebagai penurun tegangan menjadi 5v yang digunakan sebagai daya input *microcontroller*.

### 2.3. Perancangan Desain *Hardware*

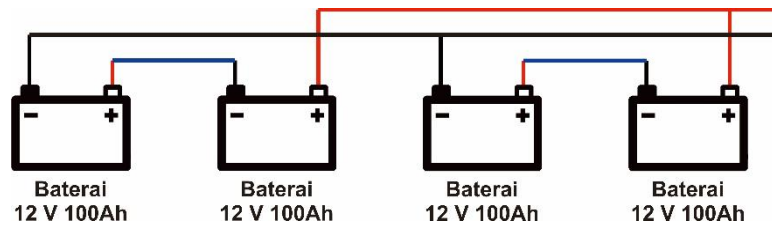
Berikut Gambar 3 merupakan gambaran desain *hardware* sistem. Kemudian Gambar 4 merupakan rangkaian panel yang digunakan. Menggunakan panel jenis Monokristal 120 WP disusun secara 2 seri 3 paralel. Menggunakan panel surya sebanyak 6 biji yang disusun secara 2 seri 3 paralel untuk meningkatkan daya yang dihasilkan. Sehingga 6 panel dapat menghasilkan daya maksimal sebesar 720 WP. Kemudian Gambar 5 merupakan rangkaian baterai. Menggunakan baterai dengan masing-masing kapasitasnya 12 V 100 Ah disusun secara 2 seri 2 paralel. Baterai disusun secara seri untuk menambah kapasitas arus pada baterai sedangkan yang disusun secara paralel untuk menambah tegangan yang dihasilkan baterai. Sehingga kapasitas baterai yang digunakan menjadi 24 V 200 Ah.



Gambar 3. Desain *Hardware* Sistem



Gambar 4. Rangkaian Panel

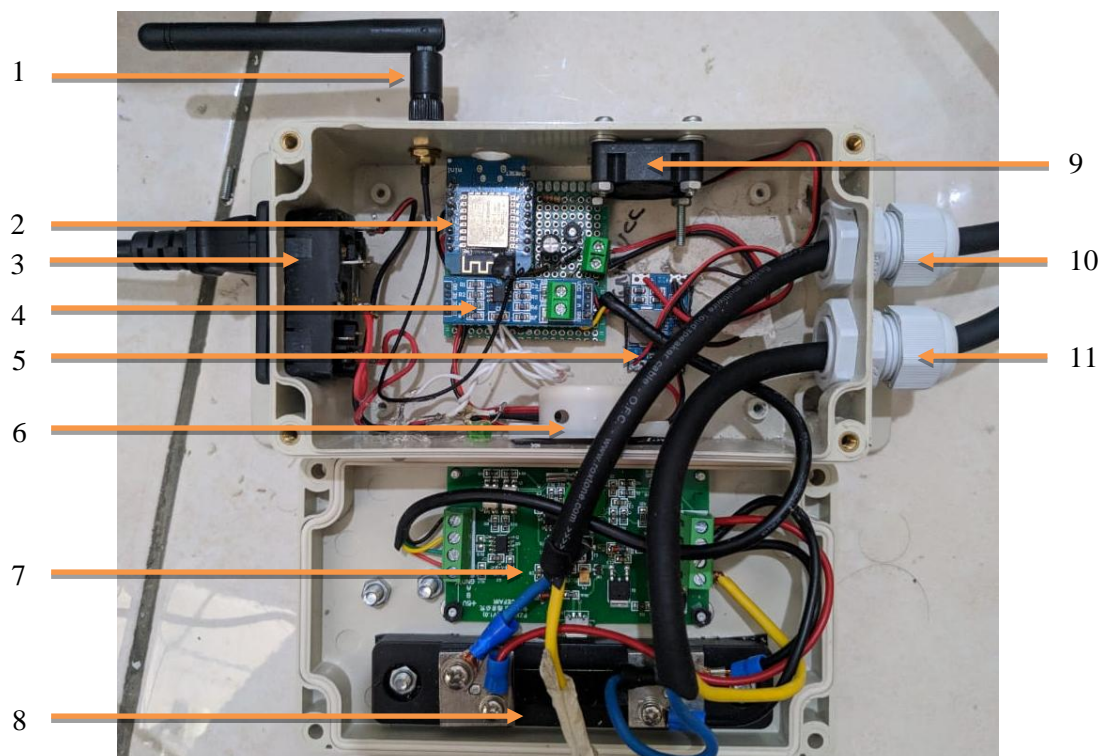


Gambar 5. Rangkaian Baterai

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil *Hardware*

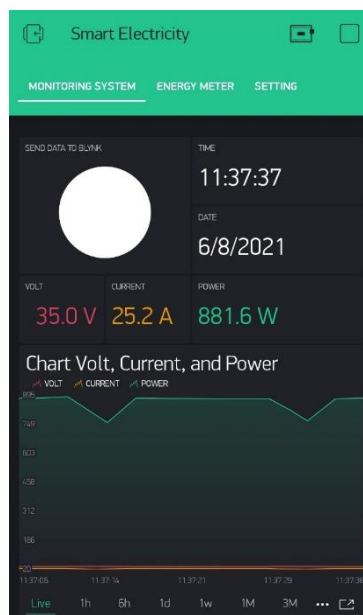
Hasil *hardware* ditunjukkan pada Gambar 6. Nomor 1, antena wifi. Nomor 2, *microcontroller wemos D1 mini*. Nomor 3, konektor power supply. Nomor 4, modul Komunikasi Serial RS485. Nomor 5, modul *Step Down 5V* yang digunakan untuk daya input *microcontroller*. Nomor 6, buzzer sebagai alarm. Nomor 7, modul PZEM017. Nomor 8, Resistor Shunt. Nomor 9, kipas pendingin. Nomor 10, konektor *input* panel. Nomor 11, konektor *output* panel.



Gambar 6. Hasil Hardware

### 3.2 Tampilan Blynk

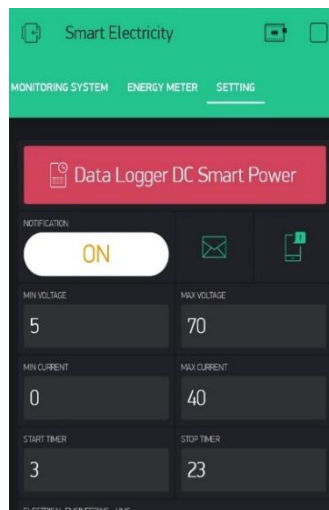
Aplikasi *blynk* merupakan *platform* aplikasi *OS mobile* yang digunakan sebagai wadah kreatifitas untuk kendali modul Arduino, Esp8266, dan modul sejenisnya melalui jaringan internet. Pada penelitian ini menggunakan aplikasi *blynk* karena aplikasi tersebut mudah digunakan selain itu aplikasi tersebut juga dapat diunduh secara gratis di *google play store* pada *smartphone*. Aplikasi *blynk* pada penelitian ini digunakan untuk menampilkan data hasil pengukuran. Pada aplikasi tersebut terdapat 3 tampilan. Tampilan pertama monitoring sistem dapat dilihat pada Gambar 7 menunjukkan data *realtime* seperti *Time*, *Date*, *Volt*, *Current* dan *Power* dari panel surya. Adapun *Led* dan *Chart*. *Led* berfungsi sebagai indikator pengiriman data *realtime on/off* Sedangkan *Chart* berfungsi sebagai tampilan *realtime* tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Tampilan kedua *Energy Meter* dapat dilihat pada Gambar 8. Terdapat *Active Energy* yaitu total daya yang dihasilkan dari panel. *Reset Active Energy* yaitu *tools* yang berfungsi mereset total daya. *Cost Energy* yaitu harga per Wh. *Total Cost Energy* yaitu harga dari total energy yang dihasilkan oleh panel. Adapun *Chart Active Energy* untuk menampilkan grafik *active energy* secara *realtime*. Kemudian tampilan ketiga yaitu *setting* dapat dilihat pada Gambar 9. Terdapat *Data Logger DC Smart Power* sebagai *tools* untuk mengirim rekaman data yang telah dibaca oleh sensor ke email. *Min/Max Voltage/Current* sebagai fitur yang berfungsi untuk mengatur maksimum/minimum nilai tegangan/arus, jika nilai teg/arus kurang dari nilai minimum atau melebihi nilai maksimum, maka buzzer akan menyala dan di *smartphone* akan menampilkan notifikasi yang memberitahukan keadaan tersebut. *Start Timer* dan *Stop Timer* untuk mengatur waktu pengiriman data mulai dan berakhir.



Gambar 7. Tampilan Pertama



Gambar 8. Tampilan Kedua



Gambar 9. Tampilan Ketiga

### 3.3 Hasil Pengujian

#### 3.2.1. Pengujian Pengukuran Menggunakan Sistem

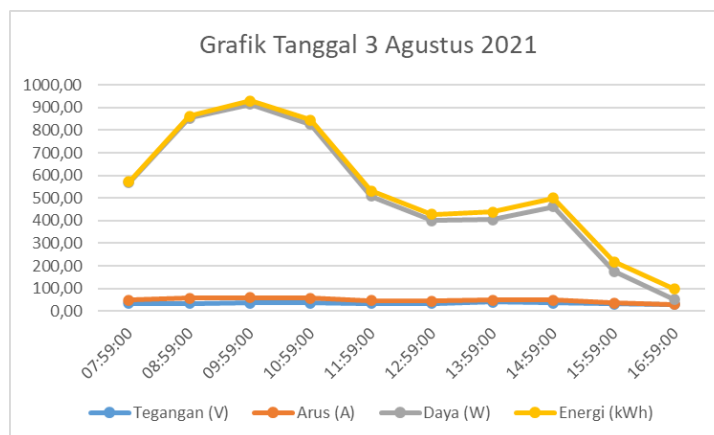
Pengujian pengukuran menggunakan sistem dilakukan selama 4 hari mulai tanggal 3 Agustus 2021 – 6 Agustus 2021 dapat dilihat pada Tabel 1 - 4. Pengujian ini diambil setiap 1 jam sekali mulai jam 07.59 – 16.59. Pada Tabel terdapat 4 parameter yang dicatat yaitu Waktu, Tegangan (V), Arus (I), Daya (W), dan Energi (kWh). Data pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya didapat dari hasil pengukuran sistem yang terlihat pada aplikasi *blinky*. Sedangkan untuk energi dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Energi (kWh)} = \text{daya (W)} \times \text{waktu} \dots\dots\dots(1)$$

Terdapat perbedaan data yang diukur disebabkan oleh kondisi cuaca yang berbeda-beda. Semakin banyak cahaya yang diserap oleh panel surya maka daya yang dihasilkan juga semakin besar. Tetapi jika cuaca pada siang hari sedang mendung, maka daya yang dihasilkan semakin kecil. Seperti pengukuran yang dapat dilihat pada Tabel 1 yang dilaksanakan pada tanggal 3 Agustus 2021 mendapatkan hasil pengukuran total energi yang didapat lebih kecil daripada hasil pengukuran pada Tabel 2, 3 dan 4. Hal ini kemungkinan cuaca pada hari tersebut sedang agak mendung. Sedangkan pengukuran pada Tabel 3 yang dilakukan pada tanggal 5 Agustus 2021 mendapatkan hasil pengukuran total energi yang didapat lebih besar daripada hasil pengukuran pada Tabel 1,2, dan 4. Hal ini kemungkinan pada hari tersebut cuaca sedang cerah. Sehingga cahaya yang diserap oleh panel banyak.

Tabel 1. Pengukuran pada tanggal 3 Agustus 2021

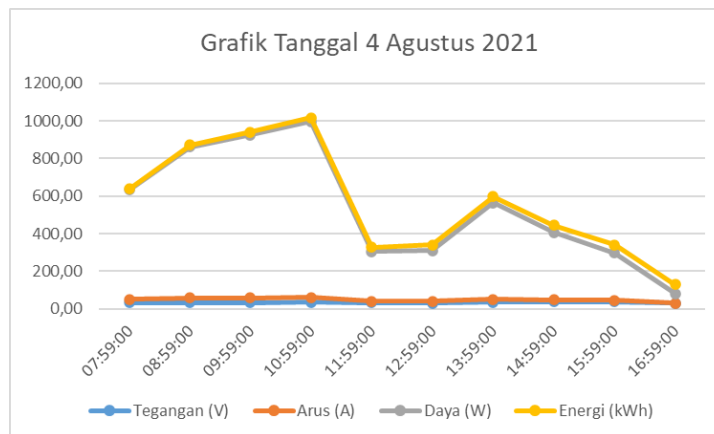
Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi(kWh)
03/08/2021	07:59:00	33,21	15,83	517,73	4,69
	08:59:00	33,40	23,48	796,32	9,37
	09:59:00	35,29	24,32	855,42	14,06
	10:59:00	34,97	21,98	769,53	18,74
	11:59:00	33,33	13,81	460,47	23,43
	12:59:00	33,03	10,77	355,40	28,11
	13:59:00	39,28	9,10	356,90	32,80
	14:59:00	36,34	11,73	414,00	37,48
	15:59:00	31,81	4,39	139,58	42,17
	16:59:00	29,39	0,68	20,02	46,85
Total		340,03	136,09	4685,36	257,69



Gambar 10. Pengukuran tanggal 3 Agustus 2021

Tabel 2. Pengukuran pada tanggal 4 Agustus 2021

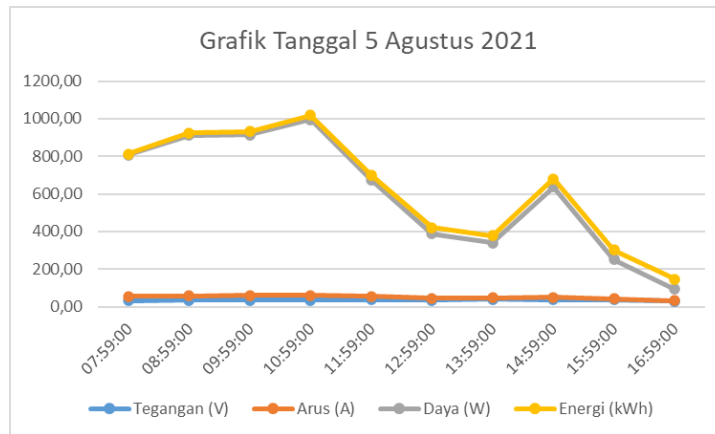
Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)
04/08/2021	07:59:00	32,21	18,08	582,14	4,90
	08:59:00	32,88	24,49	805,21	9,79
	09:59:00	34,09	25,42	865,35	14,69
	10:59:00	35,06	26,73	936,02	19,58
	11:59:00	32,08	8,24	264,29	24,48
	12:59:00	31,89	8,49	270,47	29,38
	13:59:00	36,00	14,28	513,61	34,27
	14:59:00	38,81	9,22	357,62	39,17
	15:59:00	38,57	6,55	252,57	44,06
	16:59:00	30,31	1,60	48,55	48,96
Total		341,90	143,11	4895,84	269,27



Gambar 11. Pengukuran tanggal 4 Agustus 2021

Tabel 3. Pengukuran pada tanggal 5 Agustus 2021

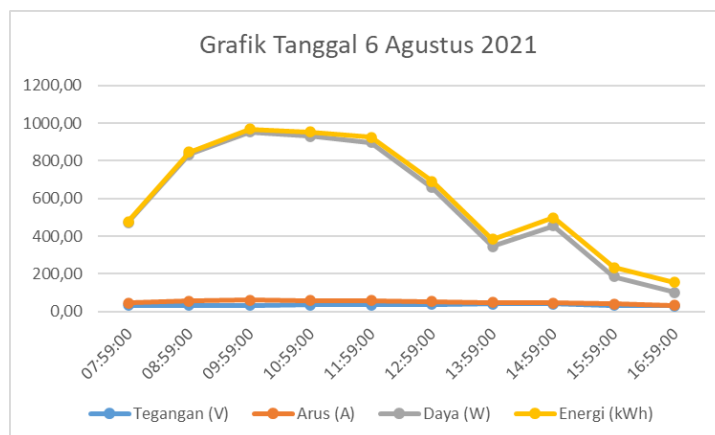
Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)
05/08/2021	07:59:00	32,62	23,33	750,97	5,51
	08:59:00	33,61	25,03	853,61	11,02
	09:59:00	34,44	24,68	855,58	16,52
	10:59:00	35,88	25,02	934,63	22,03
	11:59:00	37,81	16,26	620,11	27,54
	12:59:00	34,06	10,08	344,94	33,05
	13:59:00	40,20	7,29	293,12	38,55
	14:59:00	38,46	10,51	587,13	44,06
	15:59:00	37,66	5,90	207,80	49,57
	16:59:00	30,67	1,85	59,94	55,08
Total		355,40	149,95	5507,84	302,93



Gambar 12. Pengukuran tanggal 5 Agustus 2021

Tabel 4. Pengukuran pada tanggal 6 Agustus 2021

Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)
06/08/2021	07:59:00	32,85	12,43	428,38	5,34
	08:59:00	33,06	23,32	778,57	10,67
	09:59:00	34,31	25,79	892,65	16,01
	10:59:00	34,61	25,14	871,07	21,35
	11:59:00	35,79	23,20	839,00	26,68
	12:59:00	38,12	15,75	605,21	32,02
	13:59:00	40,26	7,35	298,92	37,36
	14:59:00	41,67	3,74	409,48	42,70
	15:59:00	33,84	6,96	146,15	48,03
	16:59:00	31,25	2,08	67,48	53,37
Total		355,74	145,75	5336,93	293,53



Gambar 13. Pengukuran tanggal 6 Agustus 2021

### 3.2.2. Pengujian Perbandingan Pengukuran

Pengujian perbandingan pengukuran antara pengukuran sistem yang terbaca pada aplikasi *blynk* di *smartphone* dengan pengukuran oleh multimeter dan pada *scc (Solar Charger Controller)* dapat dilihat pada Gambar 14 – 18 dan data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5 – 7. Pengujian ini menghasilkan nilai selisih yang dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Selisih} = |\text{Nilai Ukur} - \text{Nilai Sensor}| \dots\dots\dots (2)$$

Nilai selisih yang didapat tersebut dapat dirubah menjadi nilai *error* untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem yang dibuat. Nilai *error* dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$Error (\%) = \frac{|Nilai\ Ukur - Nilai\ Sensor|}{Nilai\ Ukur} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Tabel 5 merupakan perbandingan pengukuran tegangan antara menggunakan multimeter dengan menggunakan sistem. Dimana data yang diukur oleh sistem dapat dilihat pada aplikasi *blynk* di *smartphone*. Hasil pengukuran tegangan dari 6 kali percobaan diperoleh *persentase error* sebesar 0.076%. Tabel 6 merupakan perbandingan pengukuran arus. Untuk membandingkan pengukuran arus tidak bisa menggunakan multimeter dikarenakan arus yang terbaca cukup besar sehingga tidak sesuai dengan spesifikasi multimeter yang peneliti gunakan. Maka dari itu untuk mengukur arus menggunakan *scc* (*Solar Charge Controller*). Hasil pengukuran arus dari 6 kali percobaan diperoleh *persentase error* sebesar 0.58%. Kemudian untuk Tabel 7 merupakan perbandingan pengukuran daya. Hasil pengukuran daya dari 6 kali percobaan diperoleh *persentase error* sebesar 1.26%.

Tabel 5. Pengujian Pengukuran Tegangan

Tgl/Waktu	Tegangan (V)		Error	Error (%)
	multi	blynk		
27/7/21 jam 11	35.6	35.3	0.3	0.008
29/7/21 jam 12	35.1	35.5	0.4	0.011
29/7/21 jam 13	35.8	35.3	0.5	0.013
29/7/21 jam 14	34.5	35.1	0.6	0.017
29/7/21 jam 15	30.7	30.7	0	0
29/7/21 jam 16	33.0	33.9	0.9	0.027
Rata – rata error			0.45	0.076

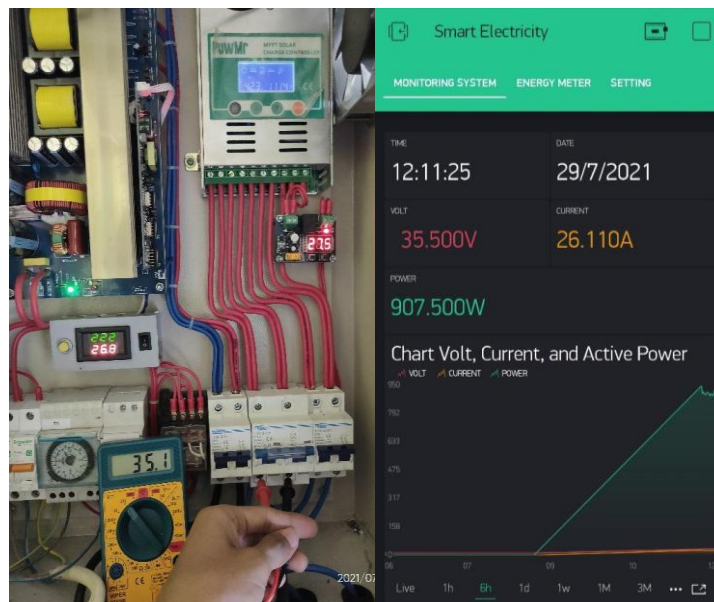
Tabel 6. Pengujian Pengukuran Arus

Tgl/Waktu	Arus (A)		Error	Error (%)
	blynk	scc		
27/7/21 jam 11	24.7	25.6	0.9	0.03
29/7/21 jam 12	26.1	26.3	0.2	0.01
29/7/21 jam 13	22.2	22.9	0.7	0.03
29/7/21 jam 14	22.2	25.6	3,4	0.13
29/7/21 jam 15	5.03	6.3	1.3	0.2
29/7/21 jam 16	7.2	8.8	1.6	0.18
Rata – rata error			1.4	0.58

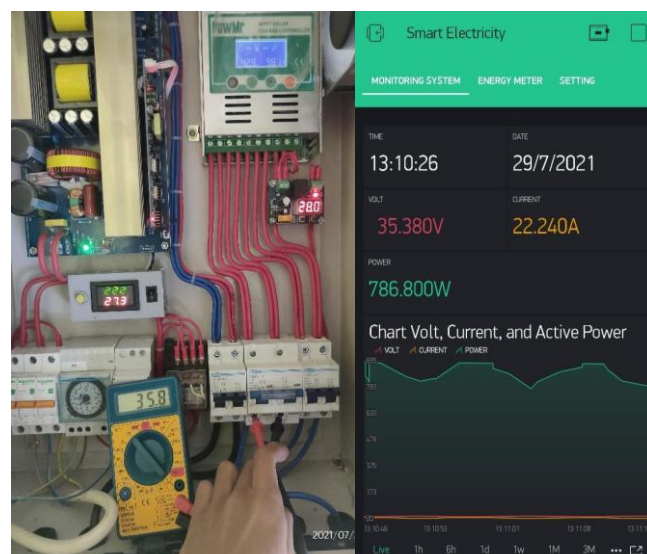


Tabel 7. Pengujian Pengukuran Daya

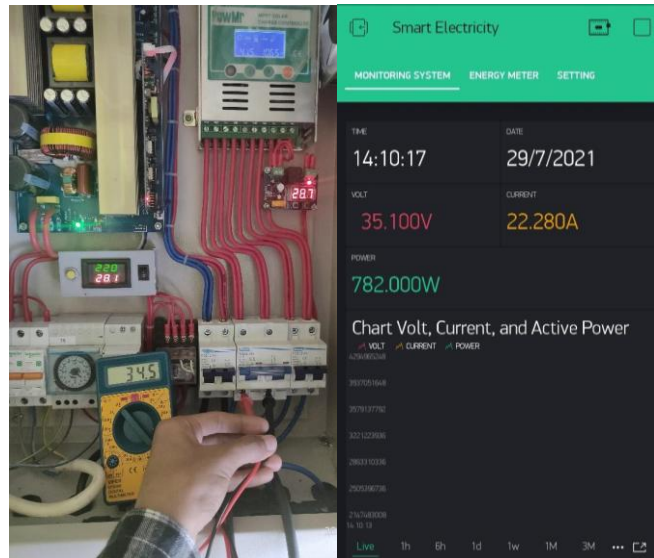
Tgl/Waktu	Daya (W)		Error	Error (%)
	blynk	scc		
27/7/21 jam 11	804.3	1095	290.7	0.27
29/7/21 jam 12	907.5	1114	207	0.19
29/7/21 jam 13	786.8	981	194.2	0.2
29/7/21 jam 14	782	1065	283	0.27
29/7/21 jam 15	154.6	189	34.4	0.18
29/7/21 jam 16	242.1	286	43.9	0.15
Rata – rata error			175.5	1.26



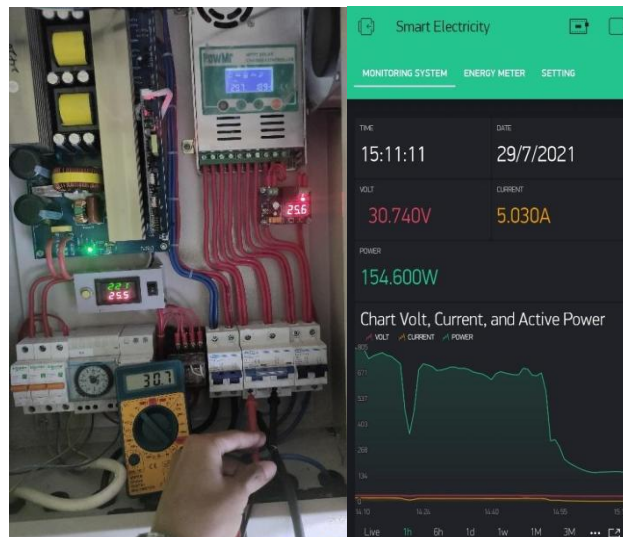
Gambar 14. Pengukuran pukul 12.00 tanggal 29 Juli 2021



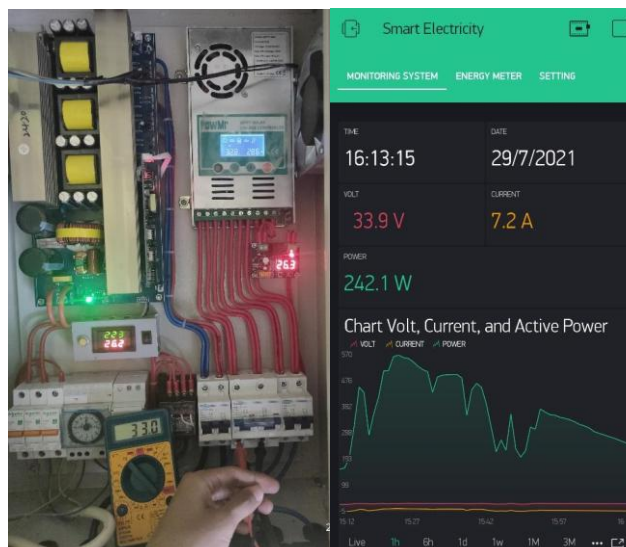
Gambar 15. Pengukuran pukul 13.00 tanggal 29 Juli 2021



Gambar 16. Pengukuran pukul 14.00 tanggal 29 Juli 2021



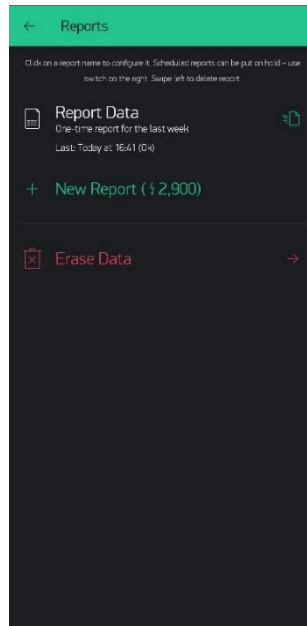
Gambar 17. Pengukuran pukul 15.00 tanggal 29 Juli 2021



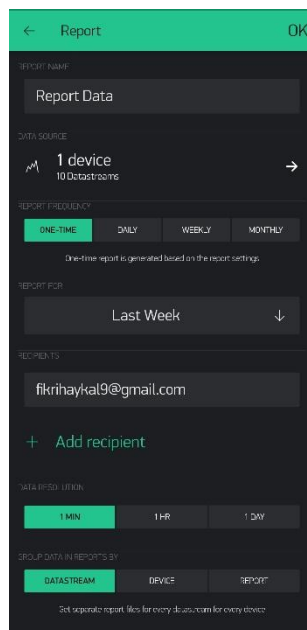
Gambar 18. Pengukuran pukul 16.00 tanggal 29 Juli 2021

### 3.2.3. Data logger

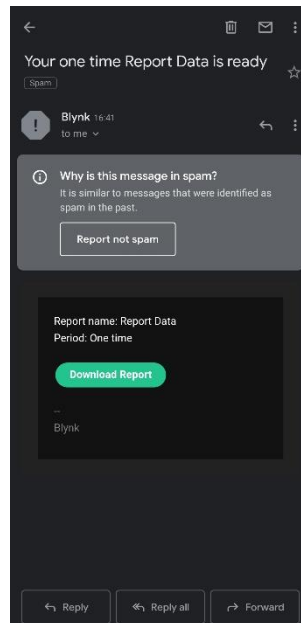
*Data logger* dilakukan untuk pengarsipan data yang telah diukur oleh sistem. Gambar 19 merupakan tampilan data yang siap dikirimkan ke e-mail yang terdaftar. Gambar 20 merupakan pengaturan tujuan pengiriman data. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa tujuan diatur ke alamat e-mail fikrihaikal9@gmail.com. Kemudian Gambar 21 merupakan tampilan e-mail pada e-mail yang didaftarkan.



Gambar 19. Tampilan hasil data yang telah diukur



Gambar 20. Tampilan pengaturan pengiriman data



Gambar 21. Tampilan e-mail

#### 4. PENUTUP

Dalam perancangan dan pengujian sistem ini, penulis telah mendapatkan hasil sesuai dengan capaian. Pengukuran tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat di monitoring secara *realtime* pada aplikasi *blynk* di *smartphone*. Adapun hasil yang dicapai, terdapat selisih tegangan, arus, dan daya yang diukur oleh sistem dengan yang diukur oleh multimeter dan scc (*Solar Charger Controller*). Untuk selisih pembacaan tegangan menggunakan sistem dengan menggunakan multimeter sebesar 0.076%. Kemudian untuk selisih pembacaan arus menggunakan sistem dengan menggunakan scc (*Solar Charger Controller*) sebesar 0.58%. Sedangkan untuk selisih pembacaan daya menggunakan sistem dengan menggunakan scc (*Solar Charger Controller*) sebesar 1.26%.

#### PERSANTUNAN

Di dalam penyusunan tugas akhir ini tentu saja tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahNya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dan juga penulis berterimakasih yang sebesar besarnya khususnya kepada: Orang tua yang selalu memberikan semangat, mendukung dan selalu mendoakan sehingga tugas akhir ini terselesaikan. Bapak Hasyim Asy'ari, S.T., M.T. yang selalu membimbing dengan arahan dan bimbingan yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang selalu memberikan ilmu bermanfaat di masa perkuliahan. Rizky Febrina Utami yang selalu mendukung, memotivasi dan memberikan semangat. Teman-teman kuliah Teknik Elektro Wijaya, Dery, Agus, Ilham, Vebri, Faiz, Naufan, Saefudin, Raka, dan Alim sebagai teman bertukar pikiran atau pendapat dan selalu mendukung dalam penyelesaian tugas akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldihani, A., Aldossary, A., Mahmoud, S., & AL-Dadah, R. K. (2014). The Effect of Cooling on the Performance of Photovoltaic Cells under Dusty Environmental Conditions. *Energy Procedia*, 61, 2383–2386.
- Ankita Gaur and G. N. Tiwari. (2013). Performance of Photovoltaic Modules of Different Solar Cells. *Journal of Solar Energy*, 2013.
- Ay Gegül Ta Gç Jo Llu, O. T. G. J. and A. V. (2016). A Power Case Study for Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels in Bursa City, Turkey. *International Journal of Photoenergy*, 1–7.
- Dewi, A. Y., & Antonov. (2013). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan Pada Laboratorium Elektro Dasar Di Institut Teknologi Padang. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(3), 20–28.
- Fachri, M. R., Sara, I. D., & Away, Y. (2015). Pemantauan Parameter Panel surya Berbasis Arduino secara Real Time. *Jurnal ElektriKa*, 11(4), 123–128.
- Fuentes, M., Vivar, M., M.Burgos, J., Aguilera, J., & A.Vacas, J. (2014). Design of an accurate, low-cost autonomous data logger for PV system monitoring using Arduino that complies with IEC standards. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 130, 529–543.
- Hasibuan, R. I. (2021). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Output Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega 8 Dengan Menggunakan IOT*.
- I. Dinata and W. Sunanda. (2015). Implementasi Wireless Monitoring. *Nas. Tek. Elektro*, 1, 83–88.
- Lez-Arjona, D. G., González, E. R., López-Pérez, G., & P., M. M. D. (2013). An Improved Galvanostat for the Characterization of Commercial Electrochemical Cells. *Journal of Laboratory Chemical Education*, 1(2), 11–18.
- Moharram, K. A., Abd-Elhad, M. S., Kandil, H. A., & El-Sherif, H. (2013). Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling. *Ain Shams Engineering Journal*, 4, 869–877.
- P G Nikhil, M. P. (2012). Performance enhancement of solar module by cooling: An experimental investigation. *International Journal of Energy and Environment*, 3, 73–82.
- Sudradjat, A. (2017). Sistem-sistem pembangkit listrik tenaga surya: Desain sistem, cara kerja, pengoperasian dan perawatan. *BPPT-Press*.
- Thakur, D., Arnav, A., Datta, A., & Ramanamurthy, E. V. . (2016). A Review on Immersion System to increase the efficiency of Solar Panels. *International Journal of Advanced Research*, 4, 312–325.
- Winata, P. P. T., Wijaya, I. W. A., & Suartika, I. M. . (2016). Rancang Bangun Sistem Monitoring Output dan Pencatatan Data pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino. *E-Journal SPEKTRUM*, 3(1).
- Y. Sun and Z. Wang. (2011). The Energy Consumption Monitoring Platform Design for Large-Scale Industry Users Based on the GPRS. *2nd Int. Conf. Mech. Autom.*, 7827–7830.